

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-347564

(43)Date of publication of application : 05.12.2003

(51)Int.Cl.

H01L 31/04

(21)Application number : 2002-154638

(71)Applicant : KYOCERA CORP

(22)Date of filing : 28.05.2002

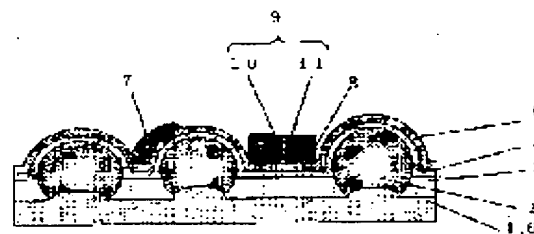
(72)Inventor : KYODA TAKESHI
SUGAWARA MAKOTO
ARIMUNE HISAO

(54) PHOTOELECTRIC CONVERTER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a reliable photoelectric converter at low cost.

SOLUTION: The photoelectric converter comprises a number of granular crystalline semiconductors 2 of one conductivity that are disposed on a substrate 1 serving as one electrode, an insulating material 3 filled between the granular crystalline semiconductors 2, a semiconductor layer 4 and/or a transparent conductive layer 5 of the opposite conductivity that is provided on the granular crystalline semiconductors 2, and upper electrodes 7 and 8 connected on the semiconductor layer 4 or the transparent conductive layer 5 of the opposite conductivity. Electrodes composed of conductive powder having high wettability with a phenolic plastic, an epoxy resin, and solder are provided on the upper electrodes 7 and 8, so that the upper electrodes 7 and 8 can be formed while keeping sufficient contact with the transparent conductive layer 5 and an extraction electrode 9.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-347564

(P2003-347564A)

(43)公開日 平成15年12月5日(2003.12.5)

(51)Int.Cl.⁷

H 0 1 L 31/04

識別記号

F I

H 0 1 L 31/04

テーマコード*(参考)

H 5 F 0 5 1

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2002-154638(P2002-154638)

(22)出願日 平成14年5月28日(2002.5.28)

(71)出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田烏羽殿町6番地

(72)発明者 京田 豪

滋賀県八日市市蛇溝町長谷野1166番地の6

京セラ株式会社滋賀八日市工場内

(72)発明者 菅原 信

滋賀県八日市市蛇溝町長谷野1166番地の6

京セラ株式会社滋賀八日市工場内

(72)発明者 有宗 久雄

滋賀県八日市市蛇溝町長谷野1166番地の6

京セラ株式会社滋賀八日市工場内

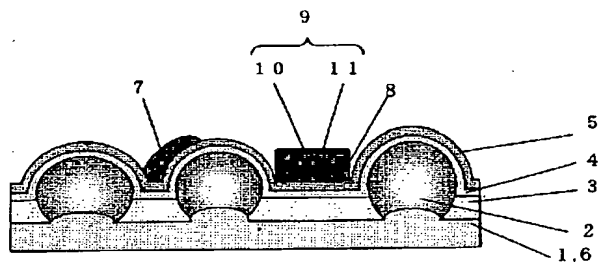
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光電変換装置

(57)【要約】

【課題】 低コストで信頼性の高い光電変換装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 一方の電極となる基板1上に第一導電形を呈する粒状結晶半導体2を多数配設するとともに、この粒状結晶半導体2間に絶縁物質3を充填し、この粒状結晶半導体2上に逆導電形を呈する半導体層4および/または透明導電層5を設け、この逆導電形を呈する半導体層4または透明導電層5上に上部電極7、8を接続して設けた光電変換装置であって、上記上部電極7、8にフェノール系樹脂とエポキシ系樹脂とハンダとの濡れ性の良い導電粉から成る電極を設けることによって、上部電極7、8を透明導電層5および取出電極9と十分な密着性を保って形成することが可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 一方の電極層を有する基板上に第一導電形を呈する粒状結晶半導体を多数配設して基板と接合し、この粒状結晶半導体上に逆導電形を呈する半導体層を設けるとともに、この逆導電形を呈する半導体層に他方の電極を接続して設けた光電変換装置において、前記粒状結晶半導体間に絶縁体を充填して粒状結晶半導体を固着させると共に、前記逆導電形を呈する半導体層又はこの逆導電形半導体層上に設けた透明導電層上に、フェノール系樹脂とエポキシ系樹脂とハンダとの濡れ性の良い導電粉とから成る他方の電極を設け、その上にハンダを介して取出電極を設けたことを特徴とする光電変換装置。

【請求項 2】 前記導電粉が銀、銅、表面を銀で被覆した銅、又はその混合物からなることを特徴とする請求項 1 に記載の光電変換装置。

【請求項 3】 前記他方の電極をエポキシ系樹脂と銀粉又はフェノール系樹脂とエポキシ系樹脂と銀粉とから成るフィンガー電極と、フェノール系樹脂とエポキシ系樹脂と表面を銀で被覆した銅から成るバスバー電極で構成し、このバスバー電極の上にハンダを介して前記取出電極を設けたことを特徴とする請求項 1 に記載の光電変換装置。

【請求項 4】 前記他方の電極を少なくとも Sn、Cu、Ni、Ag、Bi から選ばれた合金ハンダで被覆したことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の光電変換装置。

【請求項 5】 前記取出電極が少なくとも Sn、Cu、Ni、Ag、Bi から選ばれた合金ハンダで被覆した銅箔から成ることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の光電変換装置。

【請求項 6】 前記基板がアルミニウム又はアルミニウム合金から成ることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の光電変換装置。

【請求項 7】 一方の電極層を有する基板上に第一導電形を呈する粒状結晶半導体を多数配設して基板と接合し、この粒状結晶半導体上に逆導電形を呈する半導体層を設けるとともに、この逆導電形を呈する半導体層に他方の電極を接続して設けた光電変換装置において、前記基板がアルミニウム又はアルミニウム合金から成り、前記粒状結晶半導体間に絶縁体を充填して粒状結晶半導体を固着させると共に、前記逆導電形を呈する半導体層又はこの逆導電形半導体層上に設けた透明導電層上に他方の電極と取出電極とを設け、前記一方の電極層と隣接する光電変換装置の前記取出電極とを超音波融着、レーザースポット溶接又はリベットで接続したことを特徴とする光電変換装置。

【請求項 8】 前記取出電極が少なくとも Sn、Cu、Ni、Ag、Bi から選ばれた合金ハンダで被覆した銅箔から成ることを特徴とする請求項 7 に記載の光電変換

装置。

【請求項 9】 前記粒状結晶半導体がシリコンから成ることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の光電変換装置。

【請求項 10】 前記粒状結晶半導体の平均粒径が 0.2 ～ 0.6 mm であることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の光電変換装置。

【請求項 11】 一方の電極層を有する第一導電形を呈する結晶半導体基板上に、逆導電形を呈する半導体層及び透明導電層を設けるとともに、この透明導電層上に他方の電極を接続して設けた光電変換装置において、前記他方の電極をエポキシ系樹脂と銀粉又はフェノール系樹脂とエポキシ系樹脂と銀粉とから成るフィンガー電極と、フェノール系樹脂とエポキシ系樹脂と表面を銀で被覆した銅とから成るバスバー電極とで構成し、このバスバー電極の上にハンダを介して取出電極を設けたことを特徴とする光電変換装置。

【請求項 12】 前記他方の電極上に少なくとも Sn、Cu、Ni、Ag、Bi から選ばれた合金ハンダで被覆したことを特徴とする請求項 11 に記載の光電変換装置。

【請求項 13】 前記取出電極が少なくとも Sn、Cu、Ni、Ag、Bi から選ばれた合金ハンダで被覆した銅箔から成ることを特徴とする請求項 11 又は 12 に記載の光電変換装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光電変換装置に関し、特に太陽光発電などに使用される粒状結晶半導体を用いた光電変換装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の粒状結晶半導体を用いた光電変換装置を図 6 に示す。例えば、図 6 に示すように、第 1 のアルミニウム箔 17 に開口を形成し、その開口に p 形中心核の上に n 形表皮部を持つシリコン球 16 を挿入し、シリコン球 16 の裏側の n 形表皮部を除去し、第 1 のアルミニウム箔 17 の裏面側に酸化物絶縁層 3 を形成し、シリコン球 16 の裏側の酸化物絶縁層を除去し、シリコン球 16 と第 2 のアルミニウム箔 18 とを接合し、第 1 のアルミニウム箔 17 と第 2 のアルミニウム箔 18 の端部 19 同志を重ねて超音波等で接合する光電変換装置が開示されている（例えば特開昭 61-124179 号公報参照）。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、図 6 に示すような光電変換装置においては、図 7 に示すように、第 1 のアルミニウム箔 17 と第 2 のアルミニウム箔 18 との端部 19 同志を超音波等で接合するが、シリコン球 16 を第 2 のアルミニウム箔 18 に接合するときの処理温度がアルミニウムとシリコンの共晶温度である 5

77℃以下であるため、シリコン球16と第2のアルミニウム箔18との接合が不安定であり、第1のアルミニウム箔17と第2のアルミニウム箔18との端部19を超音波融着する際に、シリコン球16が第2のアルミニウム箔18から剥離する等の問題があった。

【0004】本発明は上記従来技術における問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、電極の接着強度の高い光電変換装置を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1に係る光電変換装置は、一方の電極層を有する基板上に第一導電形を呈する粒状結晶半導体を多数配設して基板と接合し、この粒状結晶半導体上に逆導電形を呈する半導体層を設けるとともに、この逆導電形を呈する半導体層に他方の電極を接続して設けた光電変換装置において、前記粒状結晶半導体間に絶縁体を充填して粒状結晶半導体を固着させると共に、前記逆導電形を呈する半導体層又はこの逆導電形半導体層上に設けた透明導電層上に、フェノール系樹脂とエポキシ系樹脂とハンダとの濡れ性の良い導電粉とから成る他方の電極を設け、その上にハンダを介して取出電極を設けたことを特徴とする。

【0006】また、前記導電粉が銀、銅、表面を銀で被覆した銅、又はその混合物からなることが望ましい。

【0007】また、前記他方の電極をエポキシ系樹脂と銀粉又はフェノール系樹脂とエポキシ系樹脂と銀粉とから成るフィンガー電極と、フェノール系樹脂とエポキシ系樹脂と表面を銀で被覆した銅から成るバスバー電極で構成し、このバスバー電極の上にハンダを介して前記取出電極を設けたことが望ましい。

【0008】また、前記他方の電極を少なくともSn、Cu、Ni、Ag、Biから選ばれた合金ハンダで被覆したことが望ましい。

【0009】また、前記取出電極が少なくともSn、Cu、Ni、Ag、Biから選ばれた合金ハンダで被覆した銅箔から成ることが望ましい。

【0010】また、前記基板がアルミニウム又はアルミニウム合金から成ることが望ましい。

【0011】請求項7に係る光電変換装置は、一方の電極層を有する基板上に第一導電形を呈する粒状結晶半導体を多数配設して基板と接合し、この粒状結晶半導体上に逆導電形を呈する半導体層を設けるとともに、この逆導電形を呈する半導体層に他方の電極を接続して設けた光電変換装置において、前記基板がアルミニウム又はアルミニウム合金から成り、前記粒状結晶半導体間に絶縁体を充填して粒状結晶半導体を固着させると共に、前記逆導電形を呈する半導体層又はこの逆導電形半導体層上に設けた透明導電層上に他方の電極と取出電極とを設け、前記一方の電極層と隣接する光電変換装置の前記取出電極とを超音波融着、レーザースポット溶接、又はリ

ベットで接続したことを特徴とする。

【0012】また、前記取出電極が少なくともSn、Cu、Ni、Ag、Biから選ばれた合金ハンダで被覆した銅箔から成ることが望ましい。

【0013】また、前記粒状結晶半導体がシリコンから成ることが望ましい。

【0014】また、前記粒状結晶半導体の平均粒径が0.2~0.6mmであることが望ましい。

【0015】請求項11に係る光電変換装置は、一方の電極層を有する基板上に第一導電形を呈する結晶半導体、逆導電形を呈する半導体層及び透明導電層を設けるとともに、この透明導電層上に他方の電極を接続して設けた光電変換装置において、前記他方の電極をエポキシ系樹脂と銀粉又はフェノール系樹脂とエポキシ系樹脂と銀粉とから成るフィンガー電極と、フェノール系樹脂とエポキシ系樹脂と表面を銀で被覆した銅とから成るバスバー電極とで構成し、このバスバー電極の上にハンダを介して取出電極を設けたことを特徴とする。

【0016】また、前記他方の電極上に少なくともSn、Cu、Ni、Ag、Biから選ばれた合金ハンダで被覆したことが望ましい。

【0017】また、前記取出電極が少なくともSn、Cu、Ni、Ag、Biから選ばれた合金ハンダで被覆した銅箔から成ることが望ましい。

【0018】本発明の光電変換装置によれば、透明導電層および取出電極と密着性のよい上部電極を形成することができ、光電変換装置に影響を与えずに他の光電変換装置と接続が可能となることによって、従来の光電変換装置と比較して製造マージンが大きく、低コストでの製造が可能となる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。図1および図2は、請求項1に係る光電変換装置の一実施形態を示す図である。図1および図2において、1は基板、2は粒状結晶半導体、3は絶縁物質、4は半導体層、5は透明導電層、6は基板のアルミニウムと粒状結晶半導体のシリコンとの合金層、7および8は上部電極、9は取出電極である。

【0020】基板1はアルミニウムの融点以上の融点を有する金属、セラミックであればよく、例えばアルミニウム、アルミニウム合金、鉄、ステンレス、ニッケル合金、アルミナ等が用いられる。基板1の材料がアルミニウム以外の場合、図2に示すように、その材料とアルミニウムから成る電極層1'との構成とする。アルミニウム電極層1'には第2の添加元素としてシリコン、マグネシウム、マンガ、クロム、チタン、ニッケル、亜鉛、銀、銅から選ばれた1種もしくは複数種の元素を添加してもよい。このような元素をアルミニウム電極層1'に添加すると、結晶半導体粒子2が接合するときの溶融過多を防止することができる。アルミニウム電極層

1' の膜厚は $20\ \mu\text{m}$ 以上とする。 $20\ \mu\text{m}$ 未満では結晶半導体粒子 2 に接合する際に膜厚が不足して十分な接合ができなくなる。

【0021】第一導電型の結晶半導体粒子 2 を基板 1 上に多数配設する。この結晶半導体粒子 2 は、Si に p 形を呈する B、Al、Ga 等、または n 形を呈する P、As 等が微量元素含まれているものである。結晶半導体粒子 2 の形状としては多角形を持つもの、曲面を持つもの等があり、粒径分布としては均一、不均一を問わないが、均一の場合は粒径を揃えるための工程が必要になるため、より安価にするためには不均一の方が有利である。更に凸曲面を持つことによって光の光線角度の依存性も小さくできる。

【0022】結晶半導体粒子 2 の粒径は、 $0.2\sim 0.8\text{mm}$ がよい。 0.8mm を越えると切削部も含めた従来の結晶板型の光電変換装置のシリコン使用量と変わらなくなり、結晶半導体粒子を用いるメリットがなくなる。また、 0.2mm よりも小さいと基板 1 へのアクセスがしにくくなるという別の問題が発生する。結晶半導体粒子 2 の粒径は、シリコン使用量との関係から $0.2\sim 0.6\text{mm}$ がより好適である。

【0023】基板 1 上に結晶半導体粒子 2 を多数配設するには、基板 1 の表面に結晶半導体粒子 2 を接着固定する働きを持つ接合助層を形成した後、その上から結晶半導体粒子 2 を散布し、余分な結晶半導体粒子 2 を落とす。その後結晶半導体粒子 2 上に一定の加重を掛けて基板 1 のアルミニウムと結晶半導体粒子 2 のシリコンとの共晶温度 577°C 以上に加熱することによって、接合助層を焼飛ばせながら基板 1 と結晶半導体粒子 2 の合金層 15 を介して基板 1 と結晶半導体粒子 2 を接合させる。

【0024】絶縁物質 3 は、正極と負極の分離を行うための絶縁材料からなり、例えば SiO_2 、 B_2O_3 、 Al_2O_3 、 CaO 、 MgO 、 P_2O_5 、 Li_2O 、 SnO 、 ZnO 、 BaO 、 TiO_2 等を任意な成分とする主材料の低温焼成用ガラス材料単体、上記材料の 1 種または複数種から成るフィラーを複合したガラス組成物、或いはシリコン樹脂を主成分とする絶縁物質などを用いる。

【0025】上記絶縁材料を粒状結晶半導体 2 の上から塗布して、アルミニウムとシリコンの共晶温度である 577°C 以下の温度で加熱することによって絶縁物質 3 を充填する。加熱温度が 577°C を越えると、アルミニウムとシリコンとの合金層 15 が熔融し始めるために、基板 1 と粒状結晶半導体 2 との接合が不安定となり、場合によっては粒状結晶半導体 2 が基板 1 から離脱して発電電流を取り出せなくなる。絶縁物質 3 を充填した後、粒状結晶半導体 2 の表面を洗浄するために、弗酸を含む洗浄液で洗浄する。

【0026】半導体層 4 は例えば Si から成り、気相成長法等で例えばシラン化合物の気相に n 形を呈するリン系化合物の気相、または p 形を呈するホウ素系化合物の

気相を微量導入して形成する。膜質としては結晶質、非晶質、結晶質と非晶質とが混在するのどちらでもよいが、光線透過率を考慮すると結晶質または結晶質と非晶質とが混在するものがよい。粒状結晶半導体 2 がない部分で入射光の一部が半導体層 4 を透過し、下部の基板 1 で反射して粒状結晶半導体 2 に照射されることで、光電変換装置全体に照射される光エネルギーを効率よく粒状結晶半導体 2 に照射することが可能となる。

【0027】半導体層 4 中の微量元素の濃度は例えば $1\times 10^{16}\sim 10^{21}\text{atm}/\text{cm}^3$ 台程度である。更に、半導体層 4 は粒状結晶半導体 2 の表面の凸曲面形状に沿って形成することが望ましい。粒状結晶半導体 2 の凸曲面形状の表面に沿って形成することによって p n 接合の面積を広く稼ぐことができ、粒状結晶半導体 2 の内部で生成したキャリアを効率よく収集することが可能となる。なお、その外郭に逆導電型、つまり n 形を呈する P、As 等、または p 形を呈する B、Al、Ga 等が微量含まれている粒状結晶半導体 2 を用いる場合には、半導体層 4 はなくてもよく、その上に下記の透明導電層 5 を形成してもよい。

【0028】半導体層 4 上、または粒状結晶半導体 2 として外郭に逆導電形の元素を微量含んでいる場合には粒状結晶半導体 2 上に、透明導電層 5 を形成する。透明導電層 5 は、 SnO_2 、 In_2O_3 、 ITO 、 ZnO 、 TiO_2 等から選ばれる 1 種または複数の酸化物系膜などから成り、スパッタリング法、気相成長法、あるいは塗布焼成法等で形成する。透明導電層 5 は膜厚を選べば反射防止膜としての効果も期待できる。なお、透明導電層 5 は透明であることが必要であり、粒状結晶半導体 2 がない部分で入射光の一部が透明導電層 5 を透過し、下部の基板 1 で反射して粒状結晶半導体 2 に照射されることで、光電変換装置全体に照射される光エネルギーを効率よく粒状結晶半導体 2 に照射することが可能となる。透明導電層 5 は半導体層 4 あるいは粒状結晶半導体 2 の表面に沿って形成し、粒状結晶半導体 2 の凸曲面形状に沿って形成することが望ましい。粒状結晶半導体 2 の凸曲面形状の表面に沿って形成すると p n 接合の面積を広く稼ぐことができ、粒状結晶半導体 2 の内部で生成したキャリアを効率よく収集することができる。

【0029】半導体層 4 あるいは透明導電層 5 上に保護層（不図示）を形成してもよい。このような保護層としては透明誘電体の特性を持つものがよく、CVD 法や PVD 法等で例えば酸化珪素、酸化セシウム、酸化アルミニウム、窒化珪素、酸化チタン、 $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ 、酸化タンタル、酸化イットリウム等を単一組成または複数組成で単層または組み合わせて半導体層 4 または透明導電層 5 上に形成する。保護層は、光の入射面に接しているために、透明性が必要であり、また半導体層 4 または透明導電層 5 と外部との間のリークを防止するために、誘電体であることが必要である。なお、保護層の膜厚を

最適化すれば反射防止膜としての機能も期待できる。

【0030】直列抵抗値を低くするために、半導体層 4 または透明導電層 5 の上に上部電極として一定間隔のフィンガー電極部 7 およびバスバー電極部 8 から成るパターン電極を設けて直接または間接的に半導体層 4 と接続して変換効率を向上させる。電極材料としては、導電粉と少量の溶媒を含む熱硬化型樹脂をバインダーとする低温硬化の導電性ペーストを用いる。硬化に要する温度が 400℃を越えると半導体層 4 が変質するために十分な変換効率がえられなくなる。

【0031】この熱硬化型樹脂は透明導電層 5 との密着性からエポキシ樹脂がよい。しかしながら、熱硬化型樹脂を硬化させて電極 7、8 を形成した後に、取出電極 9 をハンダで接合する際に、電極 7、8 の表面でエポキシ樹脂が導電粉の表面に固着し、ハンダによる接合時の温度及びフラックスによって分解できずにハンダとの接合を妨げてしまう。そこで、ハンダによる接合を妨げずに取出電極 9 を接合できるフェノール樹脂を 30～70 wt % 添加することが望ましい。このように、フェノール樹脂を 30～70 % 添加すると、透明導電層 5 との密着性を維持しながら取出電極 9 との接合性を向上させることができる。

【0032】導電粉としては、銀粉 ($2 \sim 5 \times 10^{-5} \Omega \text{ cm}$)、銅粉 ($1 \sim 5 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$)、表面を銀で被覆した銅粉 ($8 \sim 20 \times 10^{-5} \Omega \text{ cm}$) などがある。導電性の兼ね合いから銀粉がよいが、銅はハンダに食われにくく表面が酸化されにくいことから、ハンダとの接合性からは表面を銀で被覆した銅粉がよい。フラックスを選べば銅粉も使用できる。フィンガー電極部 7 を銀粉から成る導電性ペーストで形成し、バスバー電極部 8 を表面を銀で被覆した銅粉から成る導電性ペーストで形成することも可能である。このようにすることで、導電性とハンダとの接合性の両方を兼ね備えた電極にできる。

【0033】上記のような導電粉を単独または 2 種以上の混合物として 85～95 wt % 含有させる。85 wt % 以下では含有量が少ないために導電性が悪く、また、95 wt % を越えるとパサパサになってペーストにならなくなる。形成方法としては、ディスペンサー、スクリーン印刷等がある。

【0034】なお、上記の導電性ペーストは図 3 に示すような第 1 導電形のシリコン基板上に半導体層 4、透明導電層 5 を順次形成したものにも使用可能である。

【0035】取出電極 9 はハンダ 11 で被覆された銅箔 10 から成り、バスバー電極部 8 上にハンダで接合する。ハンダはバスバー電極部 8 との接合を行う共に、銅箔 10 表面の腐食を防止する効果がある。ハンダを構成

する材料としては少なくとも Sn、Cu、Ni、Ag、Bi から選ばれた合金ハンダがある。なお、バスバー電極部 8 を銀粉から成る導電性ペーストで形成する場合は、ハンダへの銀食われを防止するために Ag を含むハンダがよく、銅粉または表面を銀で被覆した銅粉から成る導電性ペーストで形成する場合は、Ag を含まない安価なハンダでよい。また、バスバー電極部 8 を形成した後で取出電極 9 を接合する前に、バスバー電極部 8 上に上記ハンダを形成してもよい。

10 【0036】上記の通り形成した光電変換装置を複数用意し、一方の光電変換装置の取出電極 9 と他方の光電変換装置の一方の電極を兼ねる基板 1 の裏面とを接続する。接続方法としてはハンダによる接合、超音波融着、リベット等があるが、基板 1 がアルミニウムからなる場合は、結晶半導体粒子 2 の接合時にシリコンがアルミニウムに溶け込むためにハンダによる接合で十分な接合強度がえられないため、図 4 に示す超音波融着、または図 5 に示すリベットで接続する。なお、リベットの材料としては Cu、Al、Fe などがあるが、導電性と価格の兼ね合いから Cu 或いは Al がよい。

【0037】

【実施例】次に、本発明の光電変換装置の実施例を説明する。実施例として以下のようにして作製した試料を用いた。

【0038】アルミニウム合金基板、鉄系合金上にアルミニウム合金層を形成した基板上に直径約 0.2～0.6 mm の p 形シリコン粒子を大気中でアルミニウムとシリコンの共晶温度である 577℃以上の温度で約 10 分加熱してシリコン粒子をアルミニウム合金に接合した。30 その上に絶縁物質 3 を充填した。その後 p 形シリコン粒子の上部表面を洗浄し、シリコン粒子 2 と絶縁物質 3 の上に n 形結晶質シリコンと非晶質シリコンとの混晶の半導体層 4 を 300 nm の厚みに形成し、更に透明導電層 5 として ITO 膜を 80 nm の厚みに形成した。

【0039】〔例 1〕上記のように作製した光電変換装置の透明導電層 5 上に表 1 に示す各種の導電性ペーストをディスペンサで塗布し、表 1 に示す熱処理条件で熱処理して硬化させることで上部電極を形成した。以上のようにして作製した試料の電極の密着性（プッシュプルゲージによる引っ張り強度）、ハンダとの濡れ性、およびバスバー部に取出電極をハンダ溶着させたときの接合強度（プッシュプルゲージによる取出電極の引っ張り強度）を測定した結果を表 1 に示す。

【0040】

【表 1】

	導電性ペースト		熱処理条件温度 (℃)×時間(分)	上部電極密着性 (N/cm ²)	ハンダ濡れ性	取出電極 接合強度 (N)
	導電粉	樹脂				
実施例 1-1	Ag	エポキシ+フェノール	250×30	9.9	○	3.9
実施例 1-2	Ag コート Cu	エポキシ+フェノール	250×30	9.6	○	4.0
実施例 1-3	Cu	エポキシ+フェノール	250×30	9.4	○	3.8
比較例 1-1	Ag	エポキシ	130×10	9.8	×	0
比較例 1-2	Ag コート Cu	エポキシ	250×30	9.6	×	0
比較例 1-3	Ag	フェノール	200×30	0	○	0

【0041】比較例 1-1、1-2 は上部電極の密着性が十分であるものの、ハンダの濡れ性が悪いために取出電極 9 の接合強度が得られなかった。これは、導電性ペーストの樹脂がエポキシ樹脂であるために透明導電層 5 との密着性が得られたものの、取出電極 9 のハンダ溶着の際に上部電極の導電粉の表面が樹脂で覆われたままであったために、樹脂が上部電極の導電粉とハンダとの濡れ性を阻害したためと考えられる。

【0042】比較例 1-3 では、ハンダとの濡れ性はよいものの、上部電極の密着性が得られなかった。これは、フェノール樹脂がハンダ溶着の際の温度で変質することによって上部電極の導電粉の表面の樹脂が剥離してハンダが濡れやすい状態になったためと考えられるが、フェノール樹脂そのものの透明導電層 5 との密着性が悪いとためと考えられる。

【0043】一方、実施例 1-1、1-2、1-3 は上*

* 部電極の密着性が十分な強度であり、ハンダとの濡れ性もよく、取出電極との接合強度もよかった。これは、2 種類の樹脂を混合させることによって、エポキシ樹脂が上部電極と透明導電層 5 との密着強度を向上させ、フェノール樹脂がハンダとの濡れ性を向上させたことによって、両立が可能になったものと考えられる。

【0044】〔例 2〕また、上記のように作製した光電変換装置の透明導電層 5 上に、表 2 に示す各種の導電性ペーストをフィンガー部とバスバー部とに区別してディスペンサで塗布し、表 1 に示す熱処理条件で熱処理して硬化させることで上部電極を形成した。以上のようにして作製した試料のバスバー部に取出電極をハンダ溶着させたときの接合強度（プッシュプルゲージによる取出電極の引っ張り強度）を測定した結果を表 2 に示す。

【0045】

〔表 2〕

	フィンガー部		バスバー部		熱処理条件 温度(℃)× 時間(分)	取出電極 接合強度 (N)
	導電粉	樹脂	導電粉	樹脂		
実施例 2-1	Ag	エポキシ+フェノール	Ag	エポキシ+フェノール	220×30	3.8
実施例 2-2	Ag コート Cu	エポキシ+フェノール	Ag コート Cu	エポキシ+フェノール	250×30	4.1
実施例 2-3	Ag	エポキシ	Ag	エポキシ+フェノール	250×30	3.9
実施例 2-4	Ag	エポキシ	Ag コート Cu	エポキシ+フェノール	250×30	4.0

【0046】実施例 2-1、2-2、2-3、2-4 共に取出電極との接合強度が良好であった。このことから、フィンガー部とバスバー部で異なる導電性ペーストを使用しても問題ないことがわかった。また、実施例 2-3 と実施例 2-4 のように、導電性のよいペーストでフィンガー部を形成し、ハンダ濡れ性のよいペーストでバスバー部を形成することも可能である。

【0047】〔例 3〕例 1 および例 2 で基板にアルミニウム合金基板、SUS430 上に Ni 箔を介してアルミニウム合金層を冷間圧延させた基板、アルミニウム合金基板の裏面に Ni 合金を冷間圧延させた基板を用いて透明導電層 5 まで形成した後に、上部電極を形成し、その

上に取出電極をハンダ溶着でバスバー部に接合させた試料を作製した。そして各基板毎に取出電極 9 と隣接する光電変換装置の一方の電極を兼ねる基板の裏面とを接続させた。そのとき基板の裏面はサンドペーパーで酸化膜を除去しておいた。接続方法としてハンダによる接合、超音波融着、Cu または Al 製のリベットで接続させたときの接続強度をプッシュプルゲージで取出電極を基板の裏面から引っ張ったときの強度で評価した結果を表 3 に示す。

【0048】

〔表 3〕

	基板裏面材質	接続方法	接続強度 (N)
実施例 3-1	Al 合金	超音波融着	10.2
実施例 3-2	Al 合金	リベット (材質: Cu)	8.0
実施例 3-3	Al 合金	リベット (材質: Al)	8.2
実施例 3-4	SUS430	超音波融着	10.0
実施例 3-5	SUS430	リベット (材質: Cu)	8.2
実施例 3-6	SUS430	リベット (材質: Al)	8.1
実施例 3-7	SUS430	ハンダ溶着	9.8
実施例 3-8	Ni 合金	超音波融着	9.9
実施例 3-9	Ni 合金	リベット (材質: Cu)	8.1
実施例 3-10	Ni 合金	リベット (材質: Al)	8.0
実施例 3-11	Ni 合金	ハンダ溶着	9.5
比較例 3-1	Al 合金	ハンダ溶着	0

【0049】比較例 3-1 では、ハンダ溶着では接続強度が得られなかった。これは、基板の裏面がアルミニウム合金であり、しかもシリコン粒子 2 との接合の際にシリコンが基板に拡散しているためにハンダとの濡れ性が悪くなったからである。

【0050】一方、実施例 3-1 から実施例 3-10 までの試料ではどれも十分な接続強度が得られ、シリコン粒子 2 および絶縁物質 3 の剥離は見られなかった。このことから、SUS430 上に Ni 箔を介してアルミニウム合金層を冷間圧延させた基板、アルミニウム合金基板の裏面に Ni 合金を冷間圧延させた基板では、ハンダによる接合、超音波融着、Cu または Al 製のリベット接続共に良好であるが、特にアルミニウム合金基板においては、ハンダによる接合では接続強度が得られず、超音波融着、Cu または Al 製のリベット接続が良好であることがわかった。

【0051】〔例 4〕p 形シリコン基板の裏面にアルミ *

* ニウムを含有するガラス導電性ペースト及び銀を含有するガラス導電性ペーストを 750℃ で焼成した。その後基板表面をクリーニングするために弗酸水溶液 (HF: 純水 = 1: 100) で洗浄し、p 型シリコン基板上に n 形結晶質シリコンと非晶質シリコンとの混晶の半導体層を 300 nm の厚みに形成し、更に透明導電層 5 として ITO 膜を 80 nm の厚みに形成した。透明導電層 5 上に表 4 に示す各種の導電性ペーストをディスペンサで塗布し、表 4 に示す熱処理条件で熱処理して硬化させることで他の電極を形成した。以上のようにして作製した試料の電極の密着性 (プッシュプルゲージによる引っ張り強度)、ハンダとの濡れ性、およびバスバー部に取出電極をハンダ溶着させたときの接合強度 (プッシュプルゲージによる取出電極の引っ張り強度) を測定した結果を表 4 に示す。

【0052】

【表 4】

	フィンガー部		バスバー部		熱処理条件 温度 (℃) × 時間 (分)	取出電極 接合強度 (N)
	導電粉	樹脂	導電粉	樹脂		
実施例 4-1	Ag	IP* 樹脂	Ag	IP* 樹脂	220 × 30	3.9
実施例 4-2	Ag コート Cu	IP* 樹脂	Ag コート Cu	IP* 樹脂	250 × 30	4.0
実施例 4-3	Ag	IP* 樹脂	Ag	IP* 樹脂	250 × 30	4.0
実施例 4-4	Ag	IP* 樹脂	Ag コート Cu	IP* 樹脂	250 × 30	4.1

【0053】実施例 4-1、4-2、4-3、4-4 共に取出電極との接合強度が良好であった。このことから、シリコン基板上に逆導電型の半導体膜を設けた光電変換装置においても、フィンガー部とバスバー部で異なる導電性ペーストを使用しても問題ないことがわかった。

【0054】以上のことから、本発明の光電変換装置によれば、上部電極を透明導電層および取出電極と十分な

密着性を保って形成することが可能となり、光電変換装置同士の接続も十分な強度で接続できることが確認できた。

【0055】

【発明の効果】以上のように、請求項 1 に係る光電変換装置によれば、上部電極をエポキシ系樹脂またはエポキシ系樹脂とフェノール系樹脂との混合物から成る熱硬化型樹脂の導電性ペーストを用いて形成することによつ

て、この上部電極を透明電極層および取出電極と十分な密着性を保って形成することが可能となる。

【0056】また、請求項7に係る光電変換装置によれば、一方の電極と隣接する光電変換装置の上部電極を超音波融着またはリベットで接続することによって、光電変換装置同士の接続も十分な強度で接続することができる。

【0057】さらに、請求項11に係る光電変換装置によれば、上部電極をエポキシ系樹脂またはエポキシ系樹脂とフェノール系樹脂との混合物から成る熱硬化型樹脂の導電性ペーストを用いて形成することによって、この上部電極を透明電極層および取出電極と十分な密着性を保って形成することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】請求項1に係る光電変換装置の一実施形態を示す断面図である。

【図2】請求項1に係る光電変換装置の他の実施形態を示す断面図である。

【図3】請求項11に係る光電変換装置の実施形態を示す断面図である。

【図4】請求項7に係る光電変換装置の接続方法を示す断面図である。

【図5】請求項7に係る光電変換装置の他の接続方法を示す断面図である。

【図6】従来の光電変換装置を示す断面図である。

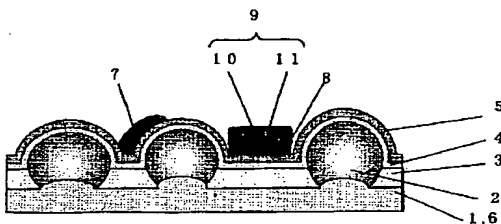
【図7】従来の光電変換装置の接続方法を示す断面図である。

*

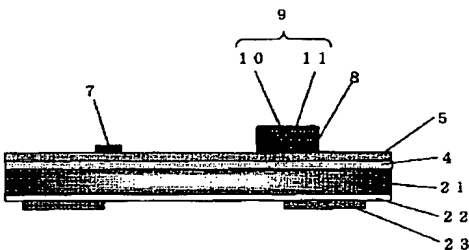
*【符号の説明】

- 1 ……基板
- 1' ……アルミニウムから成る電極層
- 2 ……第一導電形の粒状結晶半導体
- 3 ……絶縁物質
- 4 ……逆導電形の半導体層
- 5 ……透明導電層
- 6 ……基板のアルミニウムと粒状結晶半導体のシリコンとの合金層
- 7 ……上部電極（フィンガー部）
- 8 ……上部電極（バスバー部）
- 9 ……取出電極
- 10 ……銅箔
- 11 ……ハンダ
- 12 ……超音波融着ヘッド
- 13 ……リベット
- 16 ……中心が第一導電形で外郭が逆導電形の粒状結晶半導体
- 17 ……第1のアルミニウム箔
- 18 ……第2のアルミニウム箔
- 19 ……第1のアルミニウム箔と第2のアルミニウム箔の接合部
- 20 ……16の外郭が逆導電形部
- 21 ……第一導電形のシリコン基板
- 22 ……Alから成るガラス導電性ペースト
- 23 ……Agから成るガラス導電性ペースト

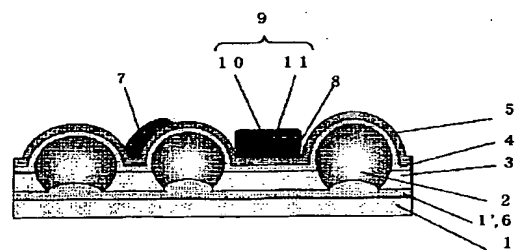
【図1】



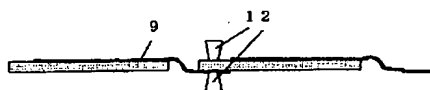
【図3】



【図2】



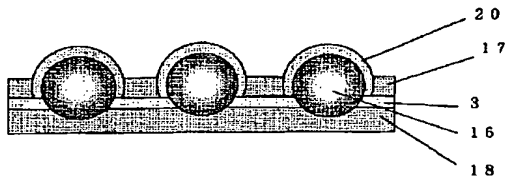
【図4】



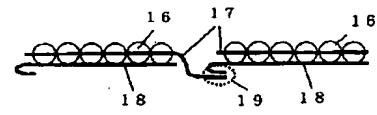
【図5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F051 AA02 CB13 DA01 DA03 EA03
FA04 FA10 FA14 GA02